

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. Juni 2005 (23.06.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/057814 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04B 10/18**,
G02B 6/34

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/052957

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. November 2004 (15.11.2004)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RAPP, Lutz** [DE/DE];
Jägerstr. 16, 82041 Deisenhofen (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

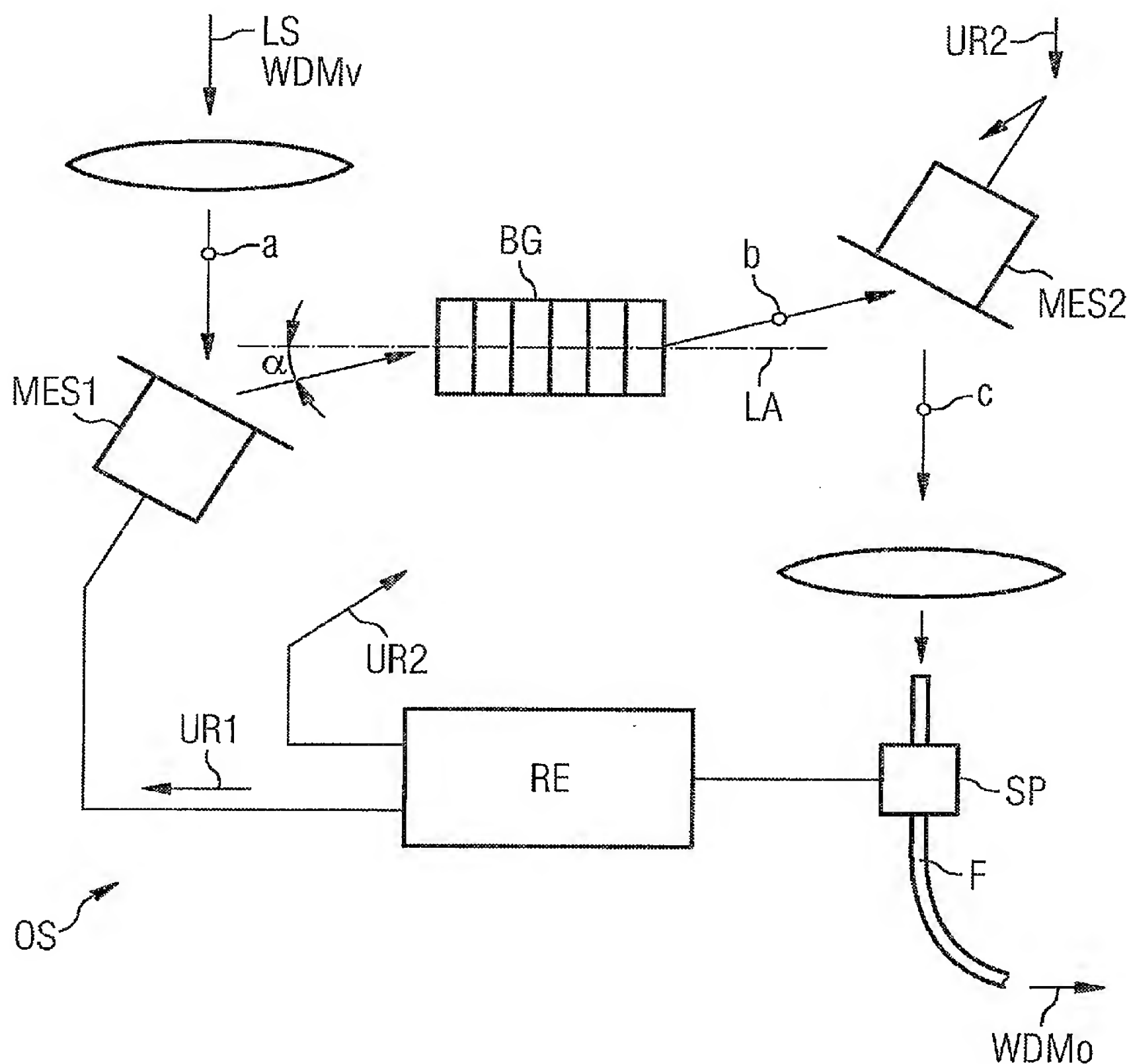
(30) Angaben zur Priorität:
103 58 011.5 11. Dezember 2003 (11.12.2003) DE

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ARRANGEMENT FOR THE COMPENSATION OF RAMAN SCATTERING

(54) Bezeichnung: ANORDNUNG ZUR KOMPENSATION EINER RAMAN-VERKIPPUNG



(57) Abstract: A light beam (LS), which is used to transfer a wavelength multiplex signal (WDM_v), is guided to a Bragg grating (BG) by means of an adjustable mirror (MR1). According to the angle of incidence of the light beam on the longitudinal axis (LA) of the Bragg grating (BG), various transmission characteristic lines having different gradients (m₀ - m₄) are obtained. As a result, scattering of the wavelength multiplex signal (WDM_v) can be compensated. A second controllable mirror (MR2) enables the damping to be adjusted. A control device (RE) causes the scattering to be corrected in a rapid manner after the data signals are connected/or disconnected.

(57) Zusammenfassung:

Ein Lichtstrahl (LS) der zur Übertragung eines Wellenlängen-Multiplexsignals (WDM_v) dient, wird über einen einstellbaren Spiegel (MR1) auf ein Bragg-Gitter (BG) gelenkt. Je nach Einfallswinkel des Lichtstrahles zur Längsachse

(LA) des Bragg-Gitters (BG) ergeben sich

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/057814 A1



AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

unterschiedliche Transmissions-Kennlinien, die unterschiedliche Steigungen (m_0 - m_4) aufweisen. Hierdurch kann eine Verkipfung des Wellenlängen-Multiplexsignals (WDM_v) kompensiert werden. Ein zweiter steuerbarer Spiegel (MR2) ermöglicht das Einstellen der Dämpfung. Eine Regeleinrichtung (RE) bewirkt eine schnelle Korrektur der Verkipfung nach dem Zu-/oder Abgeschalten von Datensignalen.

Beschreibung

Anordnung zur Kompensation einer Raman-Verkipfung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Kompensation einer durch "Stimulierte Raman-Streuung" hervorgerufenen Verkipfung von Wellenlängen-Multiplexsignalen.

10 Stimulierte Raman-Streuung führt zu einem Leistungstransfer von optischen Datensignalen mit hohen Frequenzen zu Datensignalen mit niedrigen Frequenzen, die über eine optische Faser übertragen werden. In guter Näherung kann der Beitrag der Stimulierten Raman-Streuung zu der Übertragungsfunktion einer Faser, im logarithmischen Maßstab dargestellt, als eine Gerade
15 de beschrieben werden, deren Steigung proportional zur Leistung der Raman-Quelle ist. Durch die Raman-Streuung werden die einzelnen Datensignale eines Wellenlängen-Multiplexsignal in der Übertragungsfasern unterschiedlich verstärkt oder geschwächt, sodass sich unterschiedliche Nutzpegel und damit
20 unterschiedliche Signal-Rausch-Verhältnisse am Empfänger ergeben.

Zur Kompensation der unerwünschten Verkipfung bzw. zum Einstellen der gewünschten Verkipfung sind unterschiedliche Methoden bekannt. So kann durch zusätzliche Raman-Quellen die
25 Verkipfung gesteuert werden, indem auch die zusätzlichen Raman-Quellen zusätzliche Leistung abgeben und/oder aufnehmen. Ebenso kann die Verkipfung durch steuerbare Filter kompensiert werden.

30

Problematisch wird es, wenn Kanäle oder ganze Kanalgruppen hinzugefügt oder abgeschaltet werden. Die gleichen Probleme entstehen bei geplanten Übertragungsnetzen, bei denen optische Kanäle dynamisch über verschiedene Übertragungsfasern
35 geschaltet (geroutet) werden. Beim Bruch einer Übertragungsfasern kann sogar ein ganzes Übertragungsband ausfallen.

Aus dem Patent US 6,584,260 B2 ist ein elektrooptisches Bauteil bekannt, das aus ferroelektrischem Material besteht.

Durch unterschiedliche Steuerspannungen ist es möglich, eine wellenlängenabhängige Transmission zu erreichen. Ein Nachteil der doppelbrechenden Strukturen ist jedoch die starke Abhängigkeit von der Polarisierung des eintreffenden Lichtes.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Anordnung zur Kompensation/Einstellung der Verkippung von Wellenlängen-

Multiplexsignalen anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ein besonderer Vorteil dieser Anordnung ist ihre einfache Realisierbarkeit und die kurze Reaktionszeit zur Kompensation

der Verkippung. Diese ist von den mikro-elektromechanischen Systemen abhängig und kann den Bereich von 1 μ s - 10 μ s erreichen.

Mit Hilfe eines zweiten mikro-elektromechanischen Systems kann eine lineare Dämpfung eingestellt werden. Eine Steuerung oder Regelung wird so konzipiert, dass das System

sehr rasch auf Veränderungen der Verkippung reagieren kann. Zur Bestimmung der Verkippung reicht es meist aus, die Gesamtleistung aller Signale zu ermitteln. Die Verkippung kann

auch durch eine Leistungsmessung von wenigen charakteristischen Datensignalen oder Kontrollsignalen ermittelt werden.

Die Errechnung der Steigung erfolgt aufgrund der bekannten mathematischen Grundlagen und anschließend werden entsprechend

einer erforderlichen Transmissionskennlinie die erforderlichen Steuersignale an die mikro-elektromechanischen Systeme abgegeben.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand von Figuren näher erläutert.

Es zeigen

Figur 1 ein Prinzipschaltbild der Anordnung,

Figur 2 Transmissionskennlinien und

5 Figur 3 eine Reihenschaltung von Spiegel-Filter-Kombinationen.

Figur 1 zeigt ein Prinzipschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung, wobei für die Erfindung nicht relevante Komponenten zur Lichtführung nicht dargestellt sind. Ein Lichtstrahl LS, der ein Wellenlängen-Multiplexsignal (WDM-Signals) WDM_v überträgt, wird über einen ersten Spiegel MR1 auf ein Bragg-Filter BG gelenkt. Der Spiegel ist Teil eines ersten mikroelektromechanischen Systems MES1, das die Lage des Spiegel MR1 so verändern kann, das der Lichtstrahl LS mit unterschiedlichen Einfallswinkeln (Einspeisewinkel) α zur Längsachse LA auf das Bragg-Filter fällt. Das Bragg-Filter BG ist so ausgelegt, dass (beispielsweise im Ruhezustand des Spiegels) der wesentliche Teil des Lichts hindurchgeleitet wird oder die im Regelfall vorhandene Verkippung auf einen Sollwert kompensiert wird. Ausgangsseitig trifft der Lichtstrahl auf einen zweiten Spiegel MR2, der ihn über eine Sammeloptik OS in eine Faser F einspeist. Ein Teil des in die Faser eingekoppelten Lichts wird in einem Splitter SP abgezweigt und als Mess-Signal einer Steuer- oder Regelungseinrichtung RE zugeführt, die die Leistung zumindest einiger relevanter Kontrollsignale oder Datensignale oder die Summenleistung des WDM-Signals WDM_v misst, daraus die Verkippung und den Pegel ermittelt und die mikroelektromechanischen Systeme MES1 und MES2 durch Steuerspannungen UR1, UR2 so einstellt, dass die Verkippung und der Pegel des ausgegebenen WDM-Signals WDM_0 den Erfordernissen entspricht. Hierbei wird kann eine bei der weiteren Übertragung des WDM-Signals WDM_0 über die Faser entstehende Verkippung bereits berücksichtigt werden, so dass die Datensignale des WDM-Signals am Regenerator oder Empfänger gleiche Pegel und Qualität aufweisen.

10
15
20
25
30
35

Anstelle des zweiten mikro-elektromechanischen Systems MES2 kann auch ein einstellbares lineares Dämpfungsglied verwendet werden und anstelle einer Schwenkung der Spiegel kann prinzipiell auch die Lage der Bragg-Filter geändert werden.

5.

Anhand der **Figur 2** soll nun die Wirkungsweise zunächst der Verkippungskompensation näher erläutert werden. Die Figur 2 zeigt die Transmissionskennlinien eines Bragg-Filters (darunter sollen alle gleiche Filtereigenschaften aufweisenden Bauelemente verstanden werden) in Abhängigkeit vom Frequenzspektrum des Lichtstrahles bzw. der Frequenz der Datensignale in Tera-Hertz (THz). Das Übertragungsband ist hierbei grau schraffiert. In Abhängigkeit vom Einfallswinkel α des Lichtstrahles zur Längsachse LA des Bragg-Gitter BG ergeben sich unterschiedliche Transmissionskennlinien. Die höchste Dämpfung wird immer dann erzielt, wenn die Bragg-Bedingungen erfüllt sind. Das Einspeisen des Lichtes mit unterschiedlichen Einfallswinkeln entspricht einer Veränderung des Gitterabstandes. Betrachtet man nun bei unterschiedlichen Einfallswinkeln die Transmissionskennlinien im Übertragungsbereich, so stellt man fest, dass die Transmissionskennlinien etwa waagerecht verschoben werden, wodurch deren Steigungen $m_0 - m_4$ im Übertragungsbereich unterschiedlich sind und dass sie bei unterschiedlichen Steigungen auch unterschiedliche Dämpfungswerte für die Datensignale (Kanäle) aufweisen. Je nach Einfallswinkel können daher unterschiedliche Verkippungen des WDM-Signals WDM_v kompensiert bzw. realisiert werden, wobei die unterschiedlichen Dämpfungen durch ein lineares Dämpfungsglied ausgeglichen werden können (und durch Verstärkung der erforderliche Pegel erzeugt wird). Je nach Ausführung des Bragg-Gitters und Verstellbereich des Spiegels können positive und negative Steigungen realisiert werden. Anstelle des durchgeleiteten Lichtanteils kann auch der reflektierte Strahl genutzt werden, dessen Steigung wiederum gespiegelt zum durchgeleiteten Strahl verläuft.

Die Dämpfung wird durch Schwenken des zweiten Spiegels MR2 erzeugt, der als lineares Dämpfungsglied arbeitet, indem nur ein Teil des Lichtstrahls über die Sammeloptik OS in die Faser F eingekoppelt wird. Anstelle des zweiten Spiegels können
5 andere lineare Dämpfungsglieder eingesetzt werden oder das kompensierte WDM-Signal entsprechend verstärkt werden.

Eine Kaskadierung mehrerer Spiegel-Filter-Kombinationen SBG1, SBG2, die jeweils einen Spiegel und ein Bragg-Filter enthalten, vergrößert den Einstellbereich von Verkipfung und Dämpfung. Diesen Eine solche Anordnung ist in **Figur 3** dargestellt, wobei die Ein- und Ausgänge entsprechend Figur 1 mit den gleichen Kleinbuchstaben a, b und c bezeichnet sind. Diesen Spiegel-Filter-Kombinationen SBG1, SBG2 kann auch wieder
15 ein weiterer Spiegel zur Einstellung der Dämpfung nachgeschaltet sein.

Bezugszeichenliste

	LS	Lichtstrahl
	WDM	Wellenlängen-Multiplexsignal
5	WDM _v	verkipptes Wellenlängen-Multiplexsignal
	WDM	Kompensiertes Wellenlängen-Multiplexsignal
	MES1	erstes mikro-elektromechanisches System
	MR1	erster Spiegel
	BG	Bragg-Gitter
10	MES2	zweites mikro-elektromechanisches System#
	MR2	zweiter Spiegel
	DG	Dämpfungsteil
	OS	Sammeloptik
	SP	Splitter
15	F	Faser
	RE	Regelung
	UR ₁	erstes Steuersignal
	UR ₂	zweites Steuersignal
	α	Einfallswinkel
20	LA	Längsachse

Patentansprüche

1. Anordnung zur Kompensation einer Verkipfung eines Wellenlängen-Multiplexsignals (WDM_V),
5 dadurch gekennzeichnet,
dass der Einfallswinkel (α) eines das WDM-Signal (WDM_V) übertragenden Lichtstrahles (LS) gegenüber der Längsachse (LA) eines Bragg-Filters (BG) geändert wird und so im Übertragungsbereich eine wellenlängenabhängige Dämpfung mit veränderlicher Steigung ($m_0 - m_4$) erzielt wird.
10
2. Anordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Bragg-Filter (BG) fest angeordnet ist und
15 dass der Einfallswinkel (α) durch einen Spiegel (MR1) veränderlich ist, der als mikro-elektromechanisches System (MES1) ausgeführt ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass dem Bragg-Filter (BG) ein weiteres mikro-elektromechanisches System (MES2) nachgeschaltet ist mit dem die Dämpfung des WDM-Signals (WDM) linear eingestellt wurde.
- 25 4. Anordnung nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein zwei Spiegel-Filter-Kombinationen (SBG1, SBG2) funktionsmäßig in Reihe geschaltet sind.
- 30 5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Steuer- oder Regeleinrichtung (RE) die Leistung von mindestens zwei Kontrollsignalen oder Datensignalen des WDM-Signals (WDM_0) oder die Gesamtleistung des WDM-Signals (WDM_0)
35 misst und die Verkipfung und/oder Dämpfung durch Steuerung von mikro-elektromechanischen Systemen (MES1, MES2) einstellt.

FIG 1

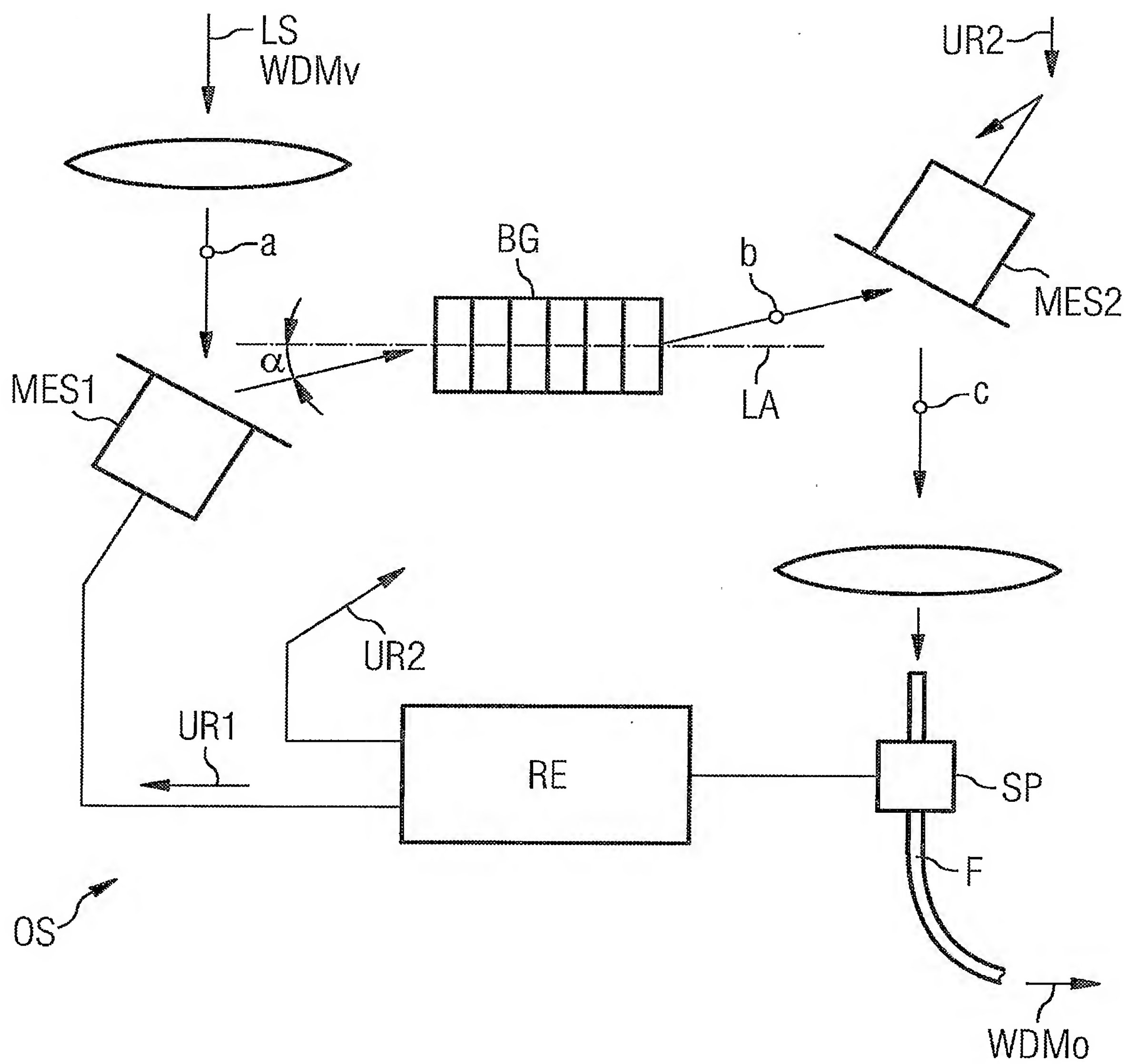


FIG 2

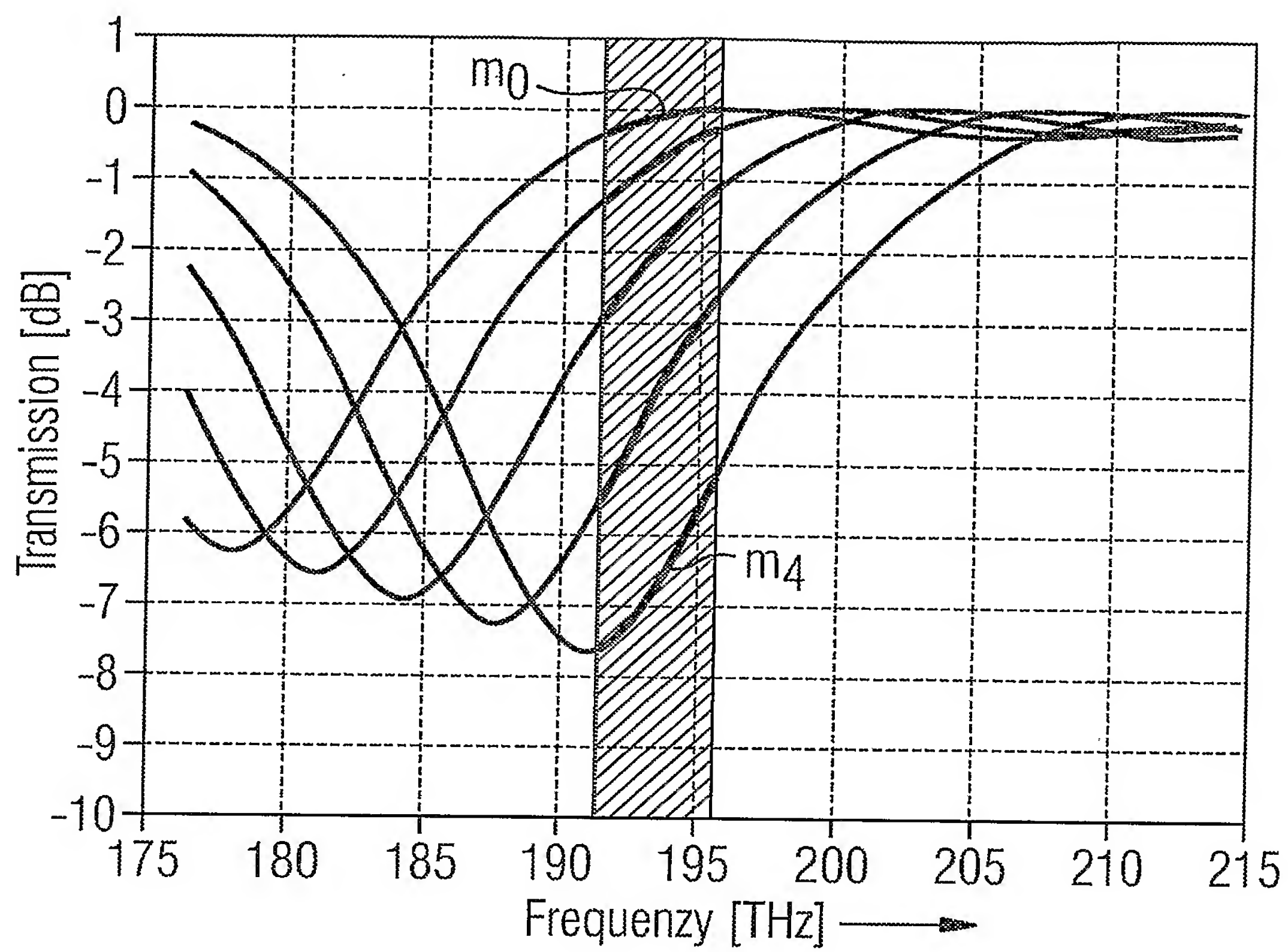


FIG 3

